

Агрегатирование МЭС с передненавесным плугом

Канд. техн. наук В.Т. НАДЫКТО (ИМЭСХ, Украина)

Один из возможных вариантов использования на вспашке колесных тракторов классической компоновки - агрегатирование с плугами по схеме "тяги-толкай".

При правильном присоединении к энергетическому средству передненавесное орудие разгружает управляемые колеса трактора от вертикальной составляющей тягового сопротивления заднего плуга. Изменяя кинематику навесных устройств, можно догрузить передний мост энергетического средства и повысить его тяговые свойства.

Особенности конструктивной схемы и параметров, а также наличие переднего навесного механизма (ПНМ) у МЭС* создают предпосылки его эффективной эксплуатации с передним и задним навесным плугами.

Настоящая работа посвящена выбору рациональной настройки ПНМ, обеспечивающей необходимую догрузку передних управляемых колес и повышение управляемости пахотным МТА.

Необходимо отметить, что силовое воздействие со стороны переднего орудия на управляемые колеса энергетического средства передается через тяги навесного механизма и зависит, главным образом, от угла их наклона в продольно-вертикальной плоскости.

Характер этой зависимости определен путем составления и решения системы статических уравнений равновесия, описывающих силовое взаимодействие передненавесного плуга с энергетическим средством в упомянутой плоскости координат (рис. 1):

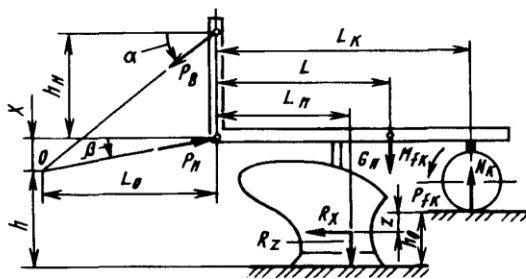


Рис.1. Схема сил, действующих на передненавесной плуг

* Исследования модульного энергетического средства / Г.М. Кутков и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989, № 12.

$$\begin{cases} -P_n \sin \beta + P_k \sin \alpha + G_n + 0,2 R_x = N_k; \\ P_n \cos \beta - P_k \cos \alpha - R_x = f N_k; \\ R_x A_1 + G_n (L + L_o) = N_k A_2; \\ N = G - P_n \sin \alpha + P_k \sin \beta, \end{cases} \quad (1)$$

где $A_1 = 0,2(L_n + L_o) + h - x - 0,5h_o$; $A_2 = (L_k + L_o - f(h - x - h_o - R_k))$; $x = h_n \tan \beta / (\tan \alpha - \tan \beta)$; $L_o = (h_n + x) \tan \alpha$; $R_k = k_o b_n h_o$.

В приведенных уравнениях и на рис. 1 приняты следующие обозначения: P_n , P_k - усилие в нижних и центральных тягах, β и α - соответственно углы их наклона; G_n - вес плуга (2 кН); R_x , R_z - горизонтальная и вертикальная составляющие сопротивления почвы, причем $R_z = 0,2 R_x$; N_k - вертикальная реакция на опорном колесе плуга; f - коэффициент сопротивления качению (0,1); N - вертикальная реакция на управляемых колесах МЭС; G - вес энергетического средства, приходящийся на его передний мост (18 кН); P_k , M_{fk} - сила и момент сопротивления качению опорного колеса плуга: $P_k = f N_k$, а $M_{fk} = f N_k R_k$; R_k - радиус колеса плуга (0,25 м); k_o - коэффициент удельного сопротивления почвы (65 кН/м); b_n - ширина захвата передненавесного плуга (0,7 м); L , L_o , L_n , L_k , h , h_o , h_n , x , $z = h_o/2$ - конструктивные параметры, природа которых ясна из рис.1. В расчетах принято: $L = 1$ м; $L_n = 0,6$ м; $L_k = 2$ м; $h = 0,79$ м; $h_o = 0,27$ м; $h_n = 0,5$ м; $z = 0,135$ м.

Теоретический анализ показал, что с уменьшением угла наклона нижних тяг (на рис. 1 показано его положительное направление) вертикальная нагрузка на управляемых колесах энергетического средства снижается (рис.2). При $\beta < -5^\circ$ влияние уменьшения угла наклона центральной тяги на нагрузку переднего моста МЭС аналогично. В случае установки нижних тяг под углом более -5° имеет место обратный процесс: с уменьшением угла наклона центральной тяги вертикальная нагрузка на управляемых колесах энергетического средства возрастает.

Следует отметить, что при определенных значениях углов наклона тяг ПНМ (зона I, рис.2) может наступить полная разгрузка опорного колеса плуга с последующей потерей устойчивости хода орудия по глубине пахоты.

Когда α и β равны по модулю, но противоположны по знаку, мгновенный центр вращения ПНМ уходит в бесконечность ($x = L_o = \infty$). В случае близких значений длины

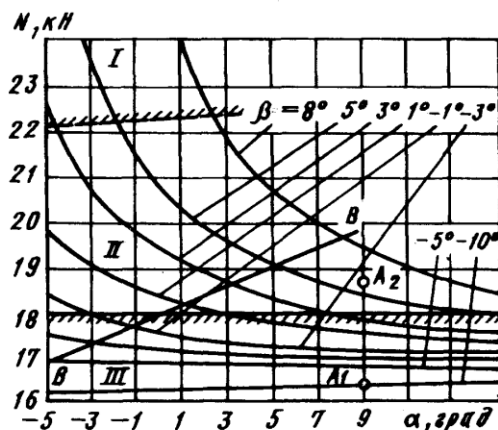


Рис.2. Влияние угла наклона нижних (β) и центральной (α) тяг ПНМ на вертикальную нагрузку колес МЭС: I - зона полной разгрузки опорного колеса плуга; II - зона догрузки управляемых колес; III - зона разгрузки управляемых колес

нижних и центральной тяг плуг совершает практически только плоско-параллельное движение в продольно-вертикальной плоскости, что может отрицательно сказываться на его заглубляемости и устойчивости хода. Поэтому в системе уравнений (1) такие значения углов α и β (см. рис.2, линия B-B) не рассматривались.

Если угол β отрицателен, то практически во всем рассматриваемом диапазоне значений угла α передний мост МЭС разгружен. Уменьшение наклона центральной тяги ПНМ с целью увеличения догрузки управляемых колес энергетического средства эффективно только при положительных значениях угла наклона нижних тяг. Но в этом случае необходимо помнить, что изменение наклона тяг навесного механизма влияет как на силовые параметры, так и на кинематику подъема орудия в транспортное положение, поэтому окончательно рассматриваемые параметры ПНМ должны быть выбраны на основе не только силового, но и кинематического анализа.

При подъеме орудия в транспортное положение желательно, чтобы угол γ наклона его оси в продольно-вертикальной плоскости был больше нуля и находился в первом квадранте (рис.2). Для реализации этого условия

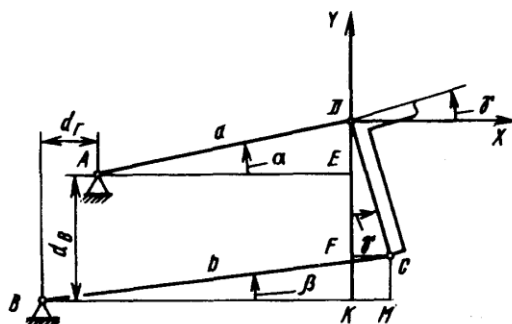


Рис.3. Кинематическая схема переднего навесного устройства

необходимо сначала установить взаимосвязь между углами α и β .

Рассмотрим кинематическую схему ПНМ (рис.3). Из треугольника DFC следует, что $\cos \gamma = DF/h_n$, а $\sin \gamma = FC/h_n$. С учетом того, что $DF = a \sin \alpha + d_b - b \sin \beta$, $FC = b \cos \beta - d_r - a \cos \alpha$ и $DF^2 + FC^2 = h_n^2$, искомая взаимосвязь между углами наклона центральной и нижней тяг навесного механизма имеет вид:

$$(a \sin \alpha + d_b - b \sin \beta)^2 + (b \cos \beta - d_r - a \cos \alpha)^2 = h_n^2, \quad (2)$$

где a, b - длина соответственно центральной и нижних тяг ПНМ; d_b, d_r - расстояние по вертикали и горизонтали между точками крепления центральной и нижних тяг к МЭС; h_n - высота присоединительного треугольника ПНМ.

Для обеспечения желаемого подъема орудия в транспортное положение достаточно, чтобы $FC > 0$, откуда

$$b \cos \beta_{\max} - d_r - a \cos \alpha_{\max} > 0, \quad (3)$$

где $\beta_{\max}$ и $\alpha_{\max}$ - значения углов наклона нижних и центральной тяг ПНМ при максимальном подъеме орудия в транспортное положение.

Один из практических вариантов использования зависимостей (1) - (3) в процессе выбора оптимальной настройки переднего навесного механизма представлен на рис. 4.

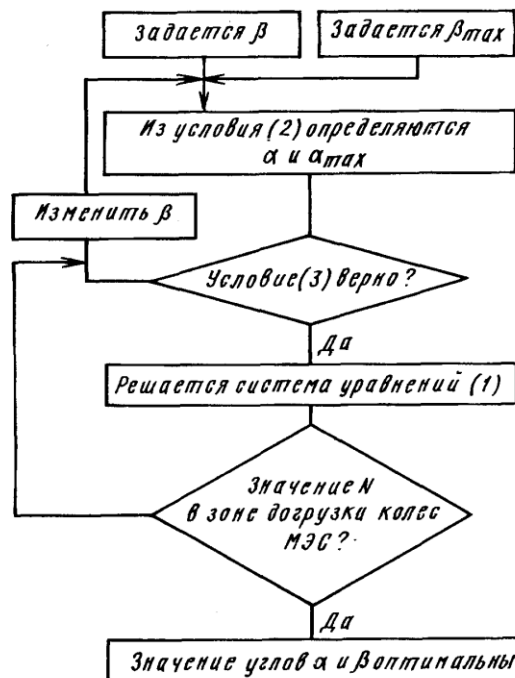


Рис.4. Блок-схема алгоритма расчета оптимальных значений углов наклона центральной и нижних тяг ПНМ МЭС

Для экспериментальной проверки теоретических результатов ПНМ энергетического средства был налажен по двум вариантам. В первом угол β наклона нижних тяг

составил -10° , а во втором $+6^\circ$. Расчетное значение угла α наклона центральной тяги навесного механизма для первого варианта составило $+9^\circ$, а для второго $+7^\circ$. Поскольку для обоих вариантов настройки ПНМ условие (3) выполняется при α , равном не менее $+9^\circ$, то именно под этим углом устанавливали центральную тягу ПНМ экспериментального пахотного МТА.

На передний навесной механизм МЭС навешивали разработанный в Южном филиале ИМЭСХ макетный образец двухкорпусного плуга. При его конструировании исходили из следующих соображений. Осенняя вспашка в условиях юга Украины характеризуется образованием глыб размером 10–20 см и более. Конструкция отечественных плугов не обеспечивает чистое дно борозды, поэтому, проезжая на попадающиеся в ней глыбы, опорное колесо плуга вызывает его выплужение, что снижает качество обработки почвы.

Устранить этот недостаток можно путем установки опорного колеса плуга вне борозды. При этом необходимо исключить угловую подвижность орудия в горизонтальной плоскости относительно энергетического средства, что и было выполнено с помощью растяжек переднего навесного механизма.

На заднее навесное устройство ТТМ навешивали серийный пятикорпусный плуг ПЛН-5-35. Таким образом, конструктивная ширина захвата пахотного МТА была равна 2,45 м.

Вспашку проводили при средней влажности почвы 11% в слое 0–15 см и твердости 2,4 МПа. Установочная глубина обработки соответствовала расчетной – 27 см.

При угле наклона нижних тяг ПНМ, равном -10° , расчетная разгрузка управляемых колес составила 1,85 кН (см. рис.2 т. А₁). В этом варианте пахотный МТА оказался практически неуправляемым.

При установке нижних тяг по второму варианту ($\beta = 6^\circ$) управляемые колеса энергетического средства, как показывают расчеты, догружаются силой, равной 0,74 кН (см. рис.2, т. А₂). В условиях эксперимента МТА с такой настройкой ПНМ (при удовлетворительном подъеме плуга в транспортное положение) оказался полностью работоспособным. Действительная ширина захвата агрегата имела значение 2,506 м, среднее квадратическое отклонение данного параметра – 4,57 см, а коэффициент вариации – 1,82%. Средняя величина глубины обработки по всей ширине захвата составила 27,2 см, стандарта – 2,12 см и коэффициента вариации – 7,79%.

На скорости 1,63 м/с часовой расход топлива энергетическим средством достигал 21,4 кг/ч, а буксование движителей – 14,2%.

Выводы

Получены математические зависимости и разработана методика выбора рациональных значений углов наклона центральной и нижних тяг переднего навесного механизма МЭС при его агрегатировании с передненавесным плугом.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что уменьшение угла наклона нижних тяг ухудшает кинематику подъема плуга в транспортное положение, но и способствует догрузке управляемых колес МЭС. Аналогичное изменение угла наклона центральной тяги приводит к диаметрально противоположным результатам. Такое противоречие выдвигает соответствующее требование к конструкции ПНМ – он должен быть оборудован механизмом, который бы автоматически изменял углы наклона его тяг в зависимости от осуществляемой МТА операции (рабочий ход или подъем орудия в транспортное положение).